



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Título:

*Evaluación de software para el análisis de tarjetas hidrosensibles y del efecto de la
adición de un coadyuvante tensioactivo utilizando
diferentes pastillas de pulverización*

Alumno: Roncaglia, Facundo.

Legajo: 26748/1

Mail: facu_n92@hotmail.com

Director: Merani, Victor Hugo

Co-director: Ponce, Mariano

Octubre 2018

Modalidad: investigación sobre una temática específica.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	4
Importancia de la pulverización a nivel país y mundial.....	4
Características de una pulverización agrícola.....	6
Métodos de evaluación de las pulverizaciones.....	8
Coadyuvantes.....	14
OBJETIVOS.....	16
Objetivos generales.....	16
Objetivos específicos.....	16
HIPÓTESIS.....	17
Hipótesis básica.....	17
Hipótesis de trabajo.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	22
Gotas por cm ²	22
DV0,5.....	25
Cobertura.....	30
Eficiencia de aplicación.....	32
CONCLUSIONES.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	36
ANEXO.....	47

RESUMEN

Una de las herramientas más utilizadas en el manejo de plagas en los cultivos es la aplicación de productos fitosanitarios. Lograr una buena calidad de aplicación resulta fundamental para alcanzar los objetivos deseados.

En este sentido se realizaron ensayos para evaluar distintos software, pastillas y el efecto de un coadyuvante a través del análisis de tarjetas hidrosensibles y de un trazador fluorimétrico.

Para la medición del número de gotas por cm^2 , DV0,5 y porcentaje de cobertura se contó con los software CIR1.5 y Gotas en sus modalidades de uso para computadoras y para smartphone, los cuales fueron definidos como tratamientos “C”, “GPC” y “GC” respectivamente. Como tratamiento adicional designado como “T” se utilizó el trazador fluorimétrico azul brillante para evaluar la eficiencia de aplicación por espectrofotometría.

La utilización de un coadyuvante tensioactivo RINO[®] y las pastillas definieron los subtratamientos. Los mismos fueron designados como “SR” y “CR” en ausencia y en presencia del coadyuvante respectivamente y como subtratamientos “ab”, “ch” e “imp” para las pastillas de abanico plano, cono hueco y de impacto respectivamente.

La aplicación se llevó a cabo sobre suelo desnudo donde se dispusieron las tarjetas hidrosensibles y las cajas de Petri donde se recolectaría el trazador.

Los resultados mostraron que el tensioactivo no tuvo un efecto significativo en lo que respecta a la modificación de los parámetros del espectro de aspersión. Por otro lado se encontraron diferencias significativas entre las metodologías de análisis.

Para la variable gotas por cm^2 los tratamientos C y GC fueron los que arrojaron los valores superiores e inferiores respectivamente, mientras que el DV0.5 resultó ser mayor en el tratamiento GPC y menor en C.

En cuanto a la eficiencia de aplicación, la misma fue sobreestimada por los tratamientos C y GPC.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Importancia de la pulverización a nivel país y mundial

En los tres últimos decenios, la productividad de los principales cereales (arroz, trigo y maíz) ha aumentado como resultado de la incorporación de los progresos científicos a la fitogenética junto con tecnologías que han permitido aprovechar al máximo el rendimiento potencial de los cultivos, en las condiciones a que están sometidos los agricultores en los países en desarrollo (FAO, 1996).

El rendimiento potencial de los cultivos extensivos es afectado por factores abióticos y bióticos e impactan en el resultado económico. Dentro de los factores bióticos podemos mencionar a las plagas (malezas, insectos y patógenos) de gran importancia a nivel global. Se denomina plaga a toda especie, variedad o biotipo vegetal, animal o agente patógeno dañino para las plantas y productos, materiales o entornos vegetales comprendiendo los vectores de parásitos o patógenos de las enfermedades de seres humanos y animales, así como los animales que causan perjuicio a la salud pública (FAO & OMS, 2014). Oerke (2005) sostiene que la pérdida potencial mundial total debido a las pestes varía de aproximadamente 50% en trigo a más del 80% en la producción de algodón.

A nivel nacional la producción de cereales y oleaginosas cumple un rol fundamental en la economía. Un informe elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) señaló que el 44% de los US\$ 28.046 millones ingresados al país en el primer semestre del año 2017 por exportaciones correspondió a ventas del complejo oleaginoso y cerealero (Infocampo, 2017). Esto se debe tanto al incremento de los rendimientos por hectárea como a la expansión de la frontera agrícola. El promedio histórico muestra un significativo incremento (algo más del 60 %) del área asignada a cultivos anuales. Aunque ese incremento superó el 100 % en la eco-región pampeana, los cambios porcentuales más significativos ocurrieron en el Chaco Subhúmedo Occidental (conocido como Chaco Salteño o Umbral al Chaco), donde las tasas de

expansión de cultivos (de cosecha y forrajeros) y de deforestación han sido las más altas del país en décadas recientes (Viglizzo & Jobbágy, 2010).

Por otro lado, el aumento de la producción agrícola y especialmente la producción en monocultivos ha creado un aumento extraordinario de insectos-plagas y enfermedades especializados en estos cultivos (Brechelt, 2004).

Para abordar la problemática de las plagas en particular el hombre actúa de diversas maneras. Onorato & Tesouro (2006) clasifican los métodos de control en culturales, mecánicos, biológicos, físicos y químicos. Estos últimos son los más utilizados y conllevan al uso de productos fitosanitarios. CASAFA (2018) define a los mismos como sustancias que protegen la sanidad de las plantas, y con ello nuestros alimentos.

El consumo mundial de pesticidas es de aproximadamente dos millones de toneladas por año: de los cuales el 45% es usado solo por Europa, el 25% se consume en los Estados Unidos y el 25% en el resto del mundo. 47.5% es la proporción de herbicidas, 29.5% es la de insecticidas, 17.5% es la de fungicidas, y otros representan solo 5.5% (De et al, 2014).

En 2016, los ingresos totales de la industria de agroquímicos se registraron en USD 220.9 mil millones. Se estima que el mercado crecerá con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 3.7% durante el período de 2017-2022 y se proyecta que alcance un tamaño de USD 269.7 mil millones para el año 2022 (Statistics Market Research Consulting, 2018).

En Argentina, el consumo de agroquímicos y fertilizantes se incrementó 5,6% en 2017 por un total estimado de 3,8 millones de toneladas, frente a las 3,6 millones del año anterior (Infocampo, 2018).

El mercado de agroquímicos generó una actividad comercial de u\$s 2.500 millones en la presente campaña 2016/2017, lo que significó un crecimiento de 25% en comparación con la anterior. En tanto, para la campaña 2017/2018, las estimaciones

proyectan un incremento de 18% de este mercado, con lo cual rondará los u\$s 3.000 millones (Infocampo, 2018).

El glifosato es el herbicida más utilizado y ocupa el 65% del mercado nacional, y se usa principalmente en cultivos extensivos. Aparte de este, existen otros herbicidas, que ocupan el 22% del mercado. Por lo tanto, los herbicidas predominan con el 87%, seguido por los insecticidas (6%), fungicidas (3%) y curasemillas (1%). (CASAFA, 2015).

La utilización de los productos fitosanitarios juega un rol fundamental en la producción de alimentos. Sin ellos la producción mundial de frutas y vegetales, forrajes y fibras caería entre 30 y 40% por la acción de plagas. A su vez los costos para el consumidor final se incrementarían limitando el acceso a los alimentos por parte de la población mundial (Croplife, 2019). Sin embargo, la aplicación de estos insumos no es neutral en sus consecuencias para el medioambiente, tanto en las posibilidades de contaminación, la reducción de la biodiversidad, como en sus consecuencias sanitarias por la exposición a agentes químicos (Simoniello et al., 2010; Carriquiriborde, 2010; Bernardos & Zaccagnini, 2011).

Características de una pulverización agrícola

Según Cid & Masiá (2011), el método más usado para producir la pulverización de un líquido es a través de la energía hidráulica. El mismo somete la circulación de un fluido bajo presión, a atravesar un pequeño orificio calibrado. El chorro es perturbado por la expansión que provoca pasar de la presión del circuito a la presión de medio ambiente, provocando el rompimiento en gotas, relativamente muy pequeñas. Cuanto mayor es la diferencia de presiones, mayor será el grado de rotura (gotas más pequeñas).

El resultado de dicho proceso es una población de gotas con parámetros estadísticos diferentes que influyen en la calidad de aplicación.

Según Sarubbi (2010) dichos parámetros se pueden definir como:

- *Diámetro Volumétrico Medio ($DV_{0,5}$)*: es el diámetro de gota que divide al volumen pulverizado en dos partes iguales. Significa que mitad del volumen pulverizado está conformado por gotas de diámetro menor al $DV_{0,5}$ y la otra mitad del volumen está conformado por gotas de un diámetro mayor al $DV_{0,5}$.
- *Diámetro Numérico Medio (DNM)*: es el diámetro de gota que divide a la población total de gotas en dos mitades iguales; significa que la mitad del total de gotas formadas tienen un diámetro menor al DNM y la otra mitad de gotas formadas tiene un diámetro mayor al DNM.
- *Factor de dispersión*: es la relación entre los dos anteriores ($DV_{0,5}/DNM$) y define la uniformidad de la gota a asperjar. Cuanto más estrecho o próximo a 1 es la relación, mayor es la uniformidad en el tamaño de gota. Si el objetivo a controlar se encuentra solo en la parte superior o inferior de la planta se necesita uniformidad de tamaño y si se encuentra en ambas partes se necesita desuniformidad de gota, es decir, gotas grandes y chicas.
- *Gotas por centímetro cuadrado (gotas cm^{-2})*: cantidad de gotas que impactan el blanco por unidad de superficie.
- *Cobertura*: porcentaje de la superficie evaluada cubierta por gotas.

Leiva (1995) define a la calidad de aplicación como la cantidad de principio activo depositado sobre el blanco con una determinada cobertura y persistencia del producto en una forma absorbible sobre la superficie foliar.

La calidad de aplicación de los productos químicos permite un control y/o manejo eficiente de las adversidades bióticas que afectan la producción (Maccarini, 1993). A su vez considera de una manera especial a la máquina utilizada, su regulación, las condiciones climáticas al momento de la aplicación y la capacitación del operario ya que todos estos factores inciden en los procesos de contaminación ambiental y en la salud del operario mismo (Lansón et al., 2009).

En la pulverización, se debería producir una aplicación que proporcione una cobertura considerable del blanco (expresada en gotas cm^{-2}) y que deposite la cantidad suficiente de producto (respecto de la dosis) para obtener el resultado biológicamente buscado a efectos de manejar correctamente la adversidad (Bogliani et al., 2005).

En el manejo de las adversidades frecuentemente se da mucha importancia a la materia activa y dosis utilizada, y no se presta atención a la técnica de aplicación. La consecuencia es la pérdida de eficacia, cuando no, el fracaso del tratamiento, a la vez que producen el mayor impacto sobre el ambiente (Friedrich, 1998).

Cavallo (2006) expresa que un 25% de la pulverización de plaguicidas da en el blanco; el resto afecta directamente a otros organismos hacia los cuales la aplicación no fue dirigida.

Todo producto fitosanitario que desvía o deriva su trayectoria de aplicación fuera de su objetivo es un posible contaminante del medio (Etiennot & Piazza, 2010).

Según la Norma ASAE S-572, se denomina deriva al desplazamiento de un fitosanitario fuera del blanco, determinado por transporte de masas de aire o por falta de adherencia (ASAE, 2004).

Massaro (2013) afirma que es necesario considerar que la deriva puede ser interna en el lote o cultivo pulverizado (endoderiva) o externa al mismo (exoderiva). Este último tipo de deriva preocupa cuando se causa algún daño directo, como la fitotoxicidad a otros cultivos, o se afecta la salud de animales o personas a los que llega un plaguicida.

Métodos de evaluación de las pulverizaciones

La literatura proporciona varias maneras de evaluar una pulverización a campo (Hewitt, 2010).

Con la finalidad de evaluar los depósitos y la cobertura de las aplicaciones de agroquímicos se han desarrollado técnicas de campo como muestreadores pasivos

(por ejemplo, tarjetas hidrosensibles), activos (por ejemplo, muestreadores de aire y rotorods) y dispositivos digitales (Marcal & Cunha, 2008).

Hoffman & Hewitt (2005) mencionan que la medición de los espectros de tamaño de gota se puede realizar con un equipo láser no intrusivo o con una variedad de sistemas de medición y recolección de gotas.

En cuanto a los métodos cuantitativos que incluyen colorimetría (Hoffmann & Salyani, 1996), fluorometría (Pergher & Gubiani, 1995), espectrometría (Derksen & Gray, 1995), etc. en general son más precisos pero son costosos y requieren mucho tiempo; por lo tanto, una técnica rápida y económica podría ofrecer una alternativa útil para la evaluación de la deposición por pulverización (Salayani, 2013).

En respuesta a ello la utilización de tarjetas hidrosensibles resulta ser una técnica simple para verificar la cobertura de un determinado tratamiento aplicado (Mangado et al., 2013).

Este material es un papel, de color amarillo, muy sensible a la humedad, que al entrar en contacto con una gota de líquido, se mancha de color azul, revelando el lugar donde ha caído la gota. Su uso es fundamental al momento de realizar una aplicación ya que permite evaluar la calibración de una máquina, así como comprobar la calidad de la aplicación realizada. Las tarjetas hidrosensibles evalúan la distribución de gotas, tamaño de las mismas y permiten verificar la deriva. Pueden utilizarse tanto en aplicaciones aéreas como terrestres, ya sea esta última mediante máquinas pulverizadoras o mochilas (CASAFA, 2016).

Las tarjetas se pueden evaluar visualmente (Hall et al., 1987; Theriault et al., 2001; Nuytens et al., 2004; Khot et al., 2011), mediante un método colorimétrico (Giles et al., 1989), o un sistema de análisis de imágenes (Salyani et al., 1987; Fox et al., 2001; Panneton, 2002; Hoffmann & Hewitt, 2005; Zhu et al., 2011; Cunha et al., 2012).

Sin embargo, uno de los aspectos negativos de su uso es la dificultad y la lentitud para analizarlos manualmente o con la ayuda de una lupa (Cunha et al., 2013). Otros

puntos negativos citados por Cunha et al. (2012) se refieren a la falta de precisión en ambientes de alta humedad y a la limitación en la medición de gotas con un diámetro inferior a 50 μm .

A su vez Fox et al. (2003) concluyeron en su trabajo sobre diferentes maneras de evaluar la cobertura que los sistemas de imágenes no son efectivos para medir con precisión el número de gotas por cm^2 cuando la cobertura es superior a aproximadamente el 40% debido a la superposición de gotas. Incluso para valores del 20 al 40%, los sistemas de imágenes subestiman la cantidad de gotas en el papel hidrosensible en comparación con los contados por un observador.

Otra manera de evaluar la calidad de aplicación y que también ha sido muy utilizada es el papel Kromekote, un papel fotográfico especializado que se tiñe cuando una gota que contiene un tinte se deposita en él. Este tipo de colector se ha utilizado sustancialmente para caracterizar los aerosoles (Johnstone, 1960; Higgins, 1967; Hewitt & Meganasa, 1993). Se han utilizado otras herramientas como placas de Petri, láminas de Mylar, tarjetas de alfa celulosa y portaobjetos de vidrio para cuantificar la deposición de gotas (Hewitt, 2010; Lee et al., 1978; Degre et al., 2001; Hoffmann & Hewitt, 2005) pero no se pueden evaluar fácilmente utilizando software de imágenes (Ferguson et al., 2016). En cambio, las tarjetas hidrosensibles proporcionan medidas útiles y precisas de las gotas depositadas para ayudar a medir los resultados de las aplicaciones (Hoffmann & Hewitt, 2005; Wolf, 2003; Hill & Inaba, 1989).

En la actualidad se cuenta con diferentes programas informáticos y aplicaciones de celulares para el procesamiento, análisis de imágenes y cálculos computarizados de los parámetros de interés.

Entre ellos podemos mencionar: CIR 1.5 y StainMaster 1.0.8 ambos desarrollados en Argentina; AgroScan y e-Sprinkle desarrollados en Brasil; DropletScan y StainAnalysis desarrollados en USA y Canadá, respectivamente (Leiva & Araujo, 2007).

Otro software disponible es SnapCard, una aplicación para smartphones que constituye una herramienta capaz de proveer una respuesta inmediata sin necesidad de programas costosos ni realizar pruebas de laboratorio (Ferguson et al., 2016).

El fundamento de estos programas consiste en la digitalización de las tarjetas y sobre la imagen se despliegan distintas cantidades de rectángulos de superficies conocidas, en los cuales los programas efectúan los recuentos de DNM (Diámetro Numérico Medio), $DV_{0.5}$ (Diámetro Volumétrico Medio), relaciones de amplitud relativa, factores “span”, y factores de eficiencia (tasas de aplicación recolectadas/tasas de aplicación realizadas). Para estos últimos casos es necesario el conocimiento de factores de expansión para convertir las improntas de las gotas en el papel hidrosensible a su tamaño real (Onorato & Tesouro, 2006).

Sin embargo, la mayoría de estas herramientas de software no se han desarrollado específicamente para esta aplicación y, por lo tanto, no pueden evaluar correctamente las tarjetas (Marcal & Cunha, 2018).

Comparaciones efectuadas entre los programas CIR 1.5 y Sylcomp AG 1.0.4, han demostrado que proporcionan distintos valores de las variables que miden (Coscolluela, 2009; García et al., 2009). De la misma forma Leiva & Araujo (2007) han encontrado diferencias en la información proporcionada por diferentes programas de conteo y tipificación tanto en la variable gotas por cm^2 como en las variables de dimensiones de gotas. Dichos autores concluyen en su investigación que el programa CIR 1.5 fue el que mejor logró un conteo individual de gotas sobre las tarjetas hidrosensibles y como consecuencia arrojó los valores más altos en total de gotas. La característica de poder individualizar cada una de ellas es muy importante en tratamientos terrestres donde la cobertura es mayor, y no tanto en los aéreos, donde la cantidad de gotas difícilmente supere las 40 a 45 gotas cm^{-2} . También concluyen que los programas CIR 1.5, Agrosan y StainMaster 1.0.8 tuvieron resultados comparables y consistentes para el análisis de los diámetros ($DV_{0.5}$ y DNM). Con resultados

discordantes y sensiblemente menores para los mismos parámetros con el programa e-Sprinkle.

Cunha et al (2013) compararon los valores de gotas por cm^2 , $DV_{0.5}$ y DNM analizando tarjetas hidrosensibles manualmente y mediante los programas CIR, e-Sprinkle, DepositScan y Conta Gotas. Dentro de los resultados obtenidos, podemos mencionar que el programa CIR arrojó los menores valores de $DV_{0.5}$ y la mayor cantidad de gotas cm^{-2} .

Asimismo, otras tres metodologías de procesamiento de tarjetas hidrosensibles fueron comparadas por Hoffman & Hewitt (2005). Las mismas fueron USDA-ARS, Swath Kit (ambos basados en el uso de cámaras fotográficas) y DropletScan (basado en el escaneo de tarjetas). Los sistemas utilizan diferentes factores para calcular el tamaño de las gotas a partir de la impronta que ellas dejan en el papel hidrosensibe. Evaluando los parámetros de $DV_{0.1}$, $DV_{0.5}$ y $DV_{0.9}$, los valores obtenidos resultaron similares para gotas menores de 800 micrones, incrementando sus diferencias a medida que el tamaño de las gotas se alejaba de ese valor.

La resolución de imagen utilizada al procesar las muestras es un factor que ha sido evaluado por Marcal & Cunha (2008). Sus resultados indicaron una evaluación más nítida del tamaño y número de gotas por unidad de área cuando se utiliza una alta resolución, particularmente en caso de contar con gran cantidad de gotas pequeñas. Otro parámetro evaluado fue el porcentaje de cobertura a diferentes resoluciones para el cual no encontraron diferencias significativas.

Con la finalidad de evaluar la eficacia de la pulverización Palladini (2005) afirma que básicamente, se utilizan dos metodologías: el primer sistema cuantifica la deposición sin visualizar la distribución utilizando metales y nutrientes (Byers et al., 1984; Sutton & Unrath, 1984; Salyani, 1988), tintes (Johnstone, 1977; Salyani & Whitney, 1988; Hayden et al., 1990; Pergher et al., 1977) o el ingrediente activo (Matuo, 1988; Smelt et al., 1993). El otro método se basa en la visualización de la distribución sin

determinar la cantidad depositada utilizando pigmentos fluorescentes bajo luz ultravioleta (Edwards et al., 1961; Pereira, 1969; Sharp, 1974). Salyani & Whitney (1988) consideran que este último método es simple, rápido y adecuado para la determinación de grandes diferencias en la cobertura, pero altamente subjetivo para estudios más detallados.

En cuanto al primer método, para evaluar la deposición y las pérdidas de caldo en las aplicaciones de productos fitosanitarios, en la mayoría de los casos se utilizan trazadores (Alves et al., 2016).

Las pastillas y los sistemas de aplicación, tanto en pruebas de campo como de laboratorio, utilizan colectores para evaluar dónde se deposita el líquido una vez que sale del sistema de pulverización. Los materiales trazadores, como los tintes fluorescentes solubles en agua y en aceite, se pueden mezclar en la solución del tanque en pequeñas cantidades con un impacto mínimo en las propiedades físicas de la solución y las características de atomización de la pastilla o el sistema de pulverización (Fritz et al., 2011).

En la realización de estudios utilizando sustancias activas de productos fitosanitarios los costos pueden ser un factor limitante, ya que se requieren métodos analíticos complejos debido a la diversidad de moléculas, equipos sofisticados y personas capacitadas para realizar los análisis (Matuo, 1988). Por lo tanto, el uso de marcadores es muy importante debido a la facilidad de eliminación de las hojas o de los objetivos de recolección, además de presentar solubilidad en agua, bajo costo y métodos de cuantificación más simples y precisos (De Cerqueirade et al., 2012; Marchi et al., 2005).

Entre los trazadores fluorescentes, cabe destacar la sulfoflavina brillante, por presentar buenas características de estabilidad a la luz solar (Brusselman et al., 2004). Además, puede detectarse en cantidades bastante reducidas, con límite de detección

de 0,005 a 0,0005 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (Nuyttens et al., 2007). Sin embargo, su costo es elevado y tiene baja disponibilidad en algunos mercados, como el de Brasil (Alves et al., 2016).

Hayden et al. (1990) fueron algunos de los pioneros en el trabajo con colorantes alimenticios, concluyendo que pueden ser utilizados en las investigaciones de evaluaciones de depósitos en plantas, por ser un método preciso y barato. Posteriormente pasaron a ser ampliamente utilizados en estudios de deposición de caldo en blancos naturales, siendo muy empleado el azul brillante, por poseer buena estabilidad a la luz solar (Pinto et al., 2007)

El tinte azul brillante es un marcador no tóxico, soluble en agua, que se extrae fácilmente al lavarlo o agitarlo con agua, y que a menudo se usa para evaluar la deposición de productos fitosanitarios en aplicaciones terrestres y aéreas (Silva et al., 2014; Carvalho et al., 2013; Zaidan et al., 2012).

Una manera de realizar una medida del marcador azul brillante es mediante la espectrofotometría. Los métodos fotométricos son técnicas analíticas basadas en la medición de la radiación electromagnética absorbida, reflejada o emitida por una sustancia dispersante en una solución. Para efectos cuantitativos, todas ellas se basan en la aplicación de la ley de Lambert Beer, ley que establece básicamente una proporción lineal entre la magnitud de la absorción y la concentración de las sustancias absorbente. A través de estos métodos fotométricos, es posible medir con gran precisión muchas sustancias coloreadas por fotometría visual o colorimetría (Giovanni & Canela, 2017).

Coadyuvantes:

En lo que respecta a tecnologías para lograr una mayor eficiencia en las aplicaciones se puede mencionar el uso de coadyuvantes. Estos son sustancias que, agregadas en el tanque al caldo de pulverización, en forma separada a la formulación del fitosanitario, ayudan a mejorar la calidad en la aplicación (Hartzler, 2001; Hock, 2011).

Los mismos autores hacen una clara descripción de los diferentes coadyuvantes. Entre ellos podemos mencionar a los tensioactivos, también denominados surfactantes, cuyo objetivo es disminuir la tensión superficial del caldo de pulverización a fin de lograr un mejor mojado en la superficie foliar. Cuando se produce una disminución en la tensión superficial del caldo el tamaño de las gotas disminuye, pero aumenta el tamaño de las improntas por modificación del coeficiente de expansión (Almellini & Sosa, 2011; García et al., 2012).

Otra clase de coadyuvante son los antiderivantes. Estos incrementan el $DV_{0,5}$ de las gotas con el fin de disminuir el riesgo de deriva (Hock, 2011).

Arrospide (2004) señala que la gran mayoría de las incorporaciones de coadyuvantes van dirigidas a los siguientes objetivos:

- Mejorar el comportamiento de los agroquímicos a través del incremento del área de contacto, la retención y la absorción.
- Corregir problemas en el agua de aplicación.
- Compatibilizar y estabilizar mezcla de productos.
- Controlar la deriva.
- Controlar la generación de espuma dentro del tanque.

El mismo autor clasifica a los coadyuvantes de la siguiente manera:

Activadores: Son aquellos que mejoran la actividad o efectividad de los productos. Dentro de este grupo se encuentran los surfactantes no iónicos, los aceites minerales o vegetales emulsionables, aceites vegetales metilados, aceites minerales concentrados y algunas sales, compuestos amoniacales, y ácidos. Constituye el grupo de productos mejor identificado por los usuarios con el término coadyuvante, puesto que son los de uso más generalizado.

Modificadores de spray: Son aquellos que modifican el comportamiento de los líquidos mientras está en el aire o una vez que se ha depositado sobre una superficie. Estos son los adherentes, formadores de película, formadores de depósitos, antideriva.

Modificadores utilitarios: Son aquellos que modifican propiedades básicas para que los productos puedan ser usados o incorporados en los tanques de aplicación. Estos son los emulsionantes, dispersantes, estabilizadores, compatibilizadores, buffers, co-solventes, antiespuma.

Knezevic et al. (2009) obtuvieron incrementos altamente significativos de la actividad biológica de saflufenacil con el uso aceite mineral, aceite vegetal metilado y un tensioactivo no iónico; Kazmierczak et al. (2009) registraron un efecto activador de la mezcla de glifosato más saflufenacil como resultado de la adición de aceite vegetal metilado y aceite mineral coadyuvante.

Butler & Tuck (1998), trabajando con distintas pastillas y coadyuvantes (surfactante, aceite vegetal y mineral, organosiliconados, humectantes) encontraron que el factor principal del cambio en el tamaño de las gotas fue la elección de la pastilla. La adición de los coadyuvantes evaluados no produjo variación en el tamaño de las gotas (medido a través del $DV_{0,5}$) en las diferentes pastillas utilizadas, salvo con pastillas cono hueco, con las que todos los coadyuvantes produjeron un aumento en el $DV_{0,5}$.

OBJETIVOS

Objetivos generales

- Generar información para la toma de decisiones por parte de técnicos y productores al momento de realizar una labor de pulverización.
- Reconocer limitantes de las técnicas para evaluar aplicaciones de agroquímicos.

Objetivos específicos

- Evaluar diferentes metodologías de análisis de la calidad de las pulverizaciones.
- Evaluar diferentes programas de análisis de tarjetas hidrosensibles.

HIPÓTESIS

Hipótesis básica

- Los programas de análisis de tarjetas difieren entre sí en los resultados obtenidos.
- Las diferentes metodologías de análisis utilizadas para evaluaciones de aplicación difieren en los valores de eficiencia que obtienen.

Hipótesis de trabajo

- La adición de un tensioactivo aumenta el $DV_{0,5}$ observado en las tarjetas hidrosensibles.
- La adición de un tensioactivo incrementa la cantidad de gotas cm^{-2} que llegan al objetivo.
- Los programas de análisis utilizados en la actualidad difieren en los valores de los parámetros que evalúan.
- Los programas de análisis sobreestiman la eficiencia de aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, ubicada en la localidad de Los Hornos, coordenadas $34^{\circ}59'3,15''\text{S}$ $57^{\circ}59'45,94''\text{O}$.

Se utilizó un tractor John Deere 6300 de 100 CV y una pulverizadora montada marca Hatsuta con un tanque de 400 litros y un botallón de 6 m de longitud a 0,85 m del suelo, con un distanciamiento entre picos de 0,525 m, la cual trabajó a un régimen de 540 rad s^{-1} en la toma posterior de potencia del tractor.

Se realizó la preparación del trazador azul brillante pesando 75 g con balanza analítica y diluyéndolo en 50 L de agua contenidos en el tanque de la pulverizadora, logrando así una concentración de $1,5 \text{ g L}^{-1}$.

Los ensayos se llevaron a cabo en suelo desnudo, en el cual se colocaron para la toma de datos cajas de Petri junto con tarjetas hidrosensibles marca Syngenta® de 3

pulgadas de largo y 1 pulgada de ancho, colocadas en soportes de alambre al ras del suelo. Las mismas fueron dispuestas en cinco bloques, de a dos, distanciadas a 0,75 m entre ellas y a 4 m entre bloques (Imagen 1). Dicha distancia fue determinada para que los lugares de medición no coincidan debajo de la pastilla ni en la zona de superposición.

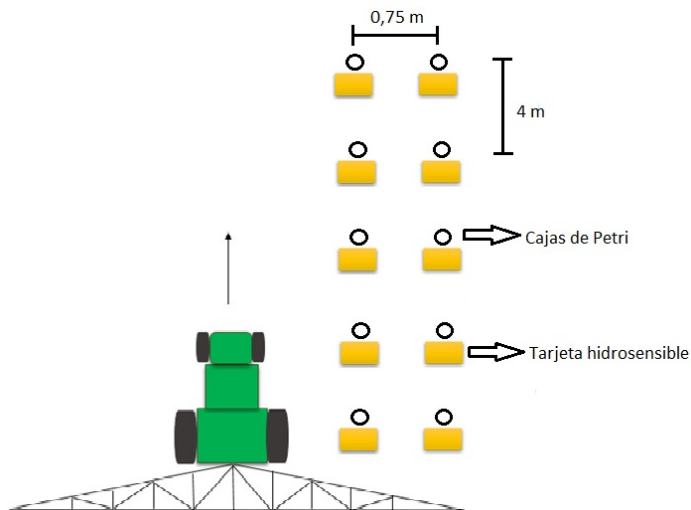


Imagen 1. Diseño experimental.

Como subtratamientos se evaluaron el efecto del uso de tres pastillas diferentes y el efecto de la adición de un coadyuvante tensioactivo.

Las pastillas utilizadas fueron las siguientes:



Imagen 2. Teejet® XR 11002 (abanico convencional). Subtratamiento "ab".



Imagen 3. Tejeet® TXA 8002. Cono convencional. Subtratamiento “ch”.



Imagen 4. Tejeet® TT 11002. Deflectora. Subtratamiento “d”.

Se trabajó con pastillas nuevas a las cuales se les realizó, previo a los ensayos, los controles pertinentes de caudal mediante la utilización de un caudalímetro electrónico digital.

La presión de trabajo del sistema fue de 3 bares. A su vez cada pastilla de pulverización fue evaluada por medio de un manómetro de precisión.

En la Tabla 1 se pueden observar el caudal y las tasas de aplicación resultantes para cada pastilla.

Tabla 1: Caudales y tasas de aplicación de pastillas a 3 bares y a 10,6 km h⁻¹.

Pastilla	Litros/min	Litros/ha
Abanico plano	0.72	77
Cono hueco	0.7	75
Deflectora	0.8	86

Una vez colocadas las tarjetas hidrosensibles junto con las cajas de Petri, se continuó con el avance de la pulverizadora y la determinación de la velocidad de trabajo la cual, dadas las condiciones del terreno, fue de 10,6 km h⁻¹.

Luego de realizadas las aplicaciones con las tres pastillas a dicha velocidad se adicionó el coadyuvante, un nonilfenol polietilenglicol éter llamado Rino el cual define los subtratamientos “SR” y “CR” (sin Rino y con Rino respectivamente). El mismo es fabricado por la empresa argentina S. ANDO & CÍA. S.A., actúa como adherente, dispersante, emulsionante, humectante y tensioactivo y se utilizó a una concentración de 20 cm³ cada 100 L de agua.

Una vez terminada la tarea a campo se realizó el procesamiento de los datos a través de cuatro metodologías para lo cual se inició con la digitalización de las tarjetas por medio de un escáner Cannon lide90 en una resolución de 1200 dpi.

Finalmente, los resultados fueron volcados en planillas Excel y procesados estadísticamente mediante el análisis de varianza factorial a través del software Infostat para luego confirmar o rechazar las hipótesis planteadas y sacar conclusiones.

Los parámetros bajo estudio en el presente trabajo, debido a su importancia en la caracterización del espectro de pulverización, fueron las siguientes:

1. Cantidad de impactos cm⁻²
2. Diámetro volumétrico mediano (DV05 o DVM)
3. Eficiencia (%) referida a la relación entre el volumen estimado efectivamente recogido en el objetivo y el volumen aplicado

4. Cobertura (%), porcentaje del área de la tarjeta de papel hidrosensible cubierta por gotas

El ensayo comprende la comparación de distintas metodologías de análisis de tarjetas hidrosensibles para lo cual se utilizaron los siguientes programas que definieron el número de tratamientos.

- 1) Programa CIR 1.5 (tratamiento C): se digitalizaron las imágenes de las tarjetas y posteriormente se realizó el conteo y cálculo de las variables respuesta sobre el promedio de cinco ventanas de medición ubicadas aleatoriamente sobre la imagen de la tarjeta.
- 2) Programa Gotas para pc (tratamiento GPC): igualmente que el anterior programa, se utilizaron las tarjetas previamente scaneadas, para luego poder analizar a través de este programa.
- 3) Programa Gotas para celular (tratamiento GC): se tomaron fotografías directamente a las tarjetas a una altura de 15 cm y con una misma intensidad lumínica y posteriormente se analizaron las variables haciendo uso de la aplicación.
- 4) Trazante azul brillante (tratamiento T): ha sido utilizado como testigo de la medida de la eficiencia de aplicación con una concentración en el tanque de la máquina de $1,5 \text{ g L}^{-1}$ (Gil et al., 2015). Una vez recolectadas las cajas de Petri, se llevó a cabo la limpieza de las mismas con agua destilada para la obtención del residuo de cada caja, el cual fue volcado en tubo de ensayos y enrasados a un mismo volumen para luego proceder a la lectura de fluorescencia en un espectrofotómetro Metrolab 325. Con dichas medidas y a partir de curvas de calibración realizadas con concentraciones conocidas del trazador fueron determinadas las cantidades de líquido recolectado por caja de Petri.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Gotas/cm²:

Como puede observarse en la Tabla 2 disponible en el Anexo 1, el análisis de los resultados no arrojó interacciones entre tratamientos y subtratamientos para esta variable. En el Gráfico 1 se observan los resultados del número de gotas por cm² entre los tratamientos. El tratamiento C mostró valores significativamente superiores al GPC y éste al de los valores de GC. Estos resultados coinciden con el trabajo realizado por Cunha et al. (2013) en el cual se hallaron diferencias significativas en el número de gotas por cm² entre los programas Conta Gotas, e-Sprinkle, DepositScan y CIR, siendo este último quien arrojó los mayores valores. Los autores adjudicaron dichas discrepancias por un lado a los diferentes factores de corrección, los cuales no están especificados con la excepción de Deposit Scan el cual emplea el factor propuesto por Salyani & Fox (1994). Por otro lado también mencionan a la sensibilidad para separar gotas superpuestas (en lo cual el programa CIR se destaca) como otra fuente de variación en los resultados basándose en los trabajos de Leiva & Araujo (2007).

García et al. (2004) mostraron que el análisis realizado por programas de computadora para cuantificar y calificar el proceso de pulverización también mostró resultados muy diferentes en comparación con los métodos tradicionales de análisis. Los autores atribuyeron los errores principalmente a los filtros para separar el color de fondo del papel (amarillo) del color de las gotitas (azul). El análisis de imágenes escaneadas de papel amarillo con manchas azules causadas por gotitas parece simple, pero los autores han identificado alrededor de 90 tonos de colores entre amarillo y azul. Para un examen de gotitas cuyo tamaño es del orden de micras, la dificultad aumenta.

En cuanto a la baja cantidad de gotas por cm² del tratamiento GC, puede deberse a la baja resolución de la cámara fotográfica (220 dpi) en comparación con los 1200 dpi con los que trabajó el escáner en GPC y C. Este aspecto ha sido estudiado por Marçal

& Cunha (2008). Sus resultados indicaron una evaluación más nítida del tamaño y número de gotas por unidad de área cuando se utiliza una alta resolución, particularmente en caso de contar con una gran cantidad de gotas pequeñas lo cual explicaría los valores tan bajos arrojados por GC.

De la misma forma Leiva & Araujo (2007) han encontrado diferencias en la información proporcionada por diferentes programas de conteo y tipificación tanto en la variable cobertura como en las variables de dimensiones de gotas. Dichos autores concluyen en su investigación que el programa CIR 1.5 fue el que mejor logro un conteo individual de impactos sobre las tarjetas hidrosensibles dada su sensibilidad para separar gotas superpuestas y por ende logró los valores más altos en número de impactos. La característica de poder individualizar cada una de las gotas es muy importante en tratamientos terrestres donde la cobertura es mayor, y no tanto en los aéreos, donde la cantidad de gotas difícilmente supere las 40 a 45 por cm^2 . También concluyen que los programas CIR 1.5, Agrosan y StainMaster 1.0.8 tuvieron resultados comparables y consistentes para el análisis de DV0,5 y DNM, hallando resultados discordantes y sensiblemente menores con el programa e-Sprinke.

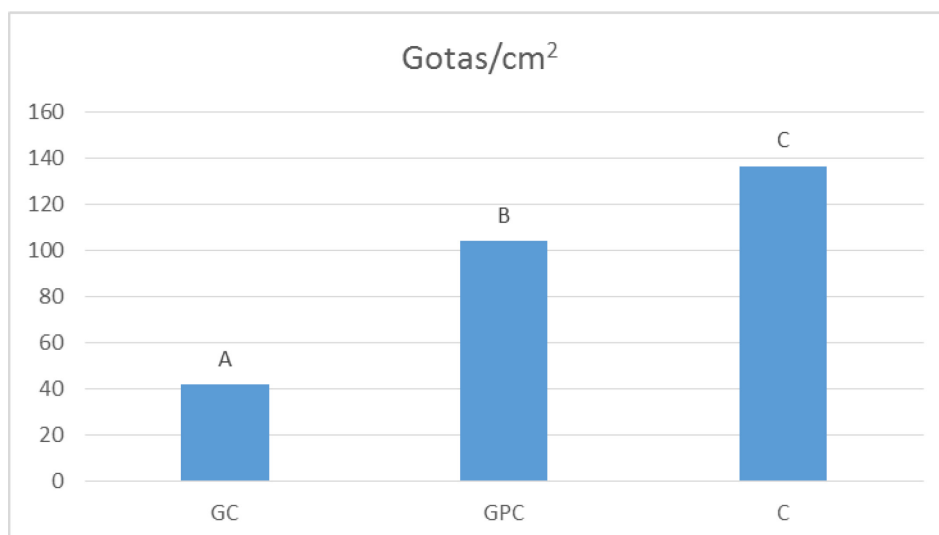


Gráfico 1: Número de impactos por cm^2 para las diferentes metodologías de análisis de tarjetas hidrosensibles. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

Realizando una comparación entre los valores para los subtratamientos SR y CR, como puede observarse en el Gráfico 2, CR mostró un mayor número de gotas por cm^2 aunque dichas diferencias no resultaron ser estadísticamente significativas.

Stoletniy et al. (2014) basaron su trabajo en el efecto del tamaño de gota, volumen de aplicación y agregado de un coadyuvante multifunción (un nonilfenol etoxilado con óxido de etileno) en la deposición y efectividad de un fungicida para el control de mancha amarilla en trigo. Dentro de los resultados obtenidos, el uso del coadyuvante generó solamente una tendencia a aumentar el número de gotas por cm^2 . Aun así, tales diferencias no lograron alcanzar el grado de significancia establecido.

Este incremento en el número de gotas es esperable ya que al disminuir la tensión superficial la vena líquida rompe más fácilmente dando un mayor número de gotas.

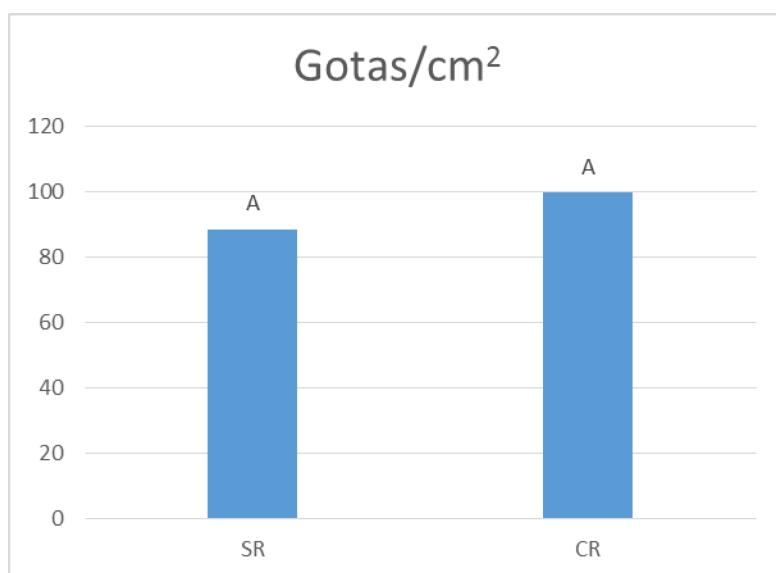


Gráfico 2: Número de gotas cm^{-2} para los subtratamientos SR y CR. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

Para un análisis más detallado se partitionaron las tarjetas por software y dentro de los mismos, se partitionaron por pastilla. En los resultados se puede visualizar que, para la pastilla de impacto, en el análisis de las tarjetas mediante los tratamientos C y GPC, la adición del tensioactivo arrojó un mayor número de gotas cm^{-2} . Esto probablemente pueda deberse a la forma de generar gotas en este tipo de pastillas. La

menor tensión superficial causada por el coadyuvante permitiría que la vena líquida rompa en una mayor cantidad de gotas al momento del impacto, lo cual explicaría las diferencias significativas encontradas.

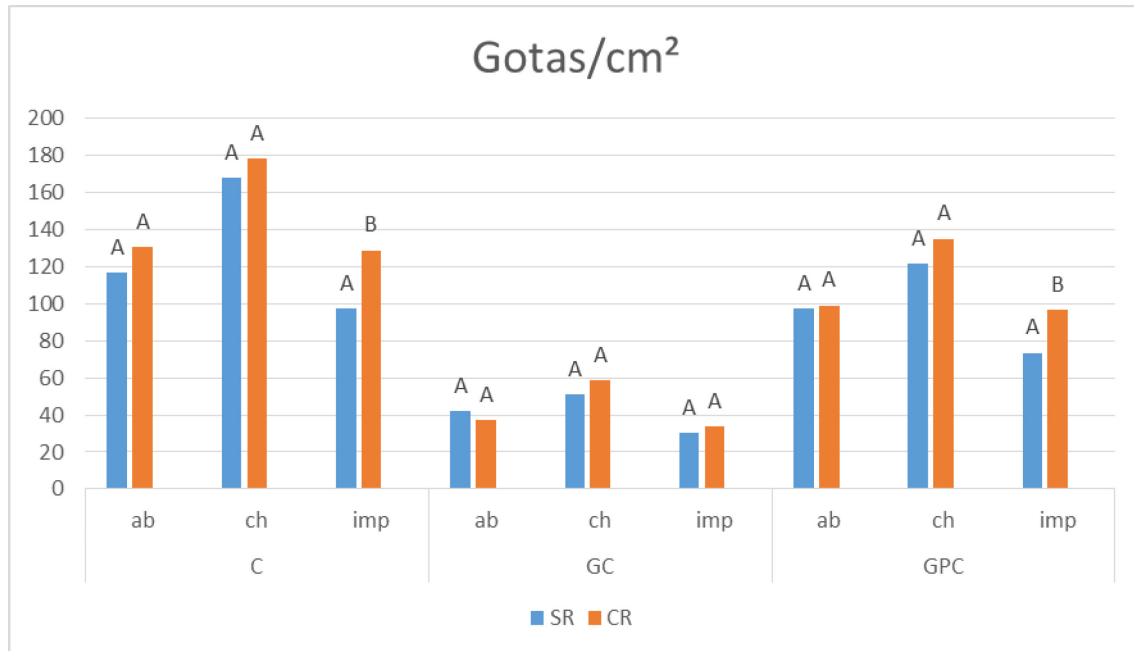


Gráfico 3: Comparación del número de gotas cm^{-2} entre los subtratamientos SR y CR para un software y una pastilla determinada. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

DV0,5:

Analizando el tamaño de gotas cuantificado a partir del DV0,5 se confeccionó el Gráfico 4 donde se muestran los resultados obtenidos. En el mismo pueden observarse las diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos, siendo el GPC el que mayor valor arrojó seguido por el GC y finalmente el C. Que el tratamiento C sea el de menor DV0,5 es esperable debido a que cuanto más pequeñas sean las gotas que pueda leer un programa, menor será su DV0,5. De esta manera el tratamiento C, coincidiendo con lo hallado por Cunha et al (2013) donde el programa CIR fue el que arrojó los mayores valores de gotas cm^{-2} entre los programas evaluados y a su vez fue el que obtuvo menores valores de DV0,5. Esto puede

deberse a dos factores del programa, a la capacidad de visualizar gotas pequeñas y poder separar superposiciones.

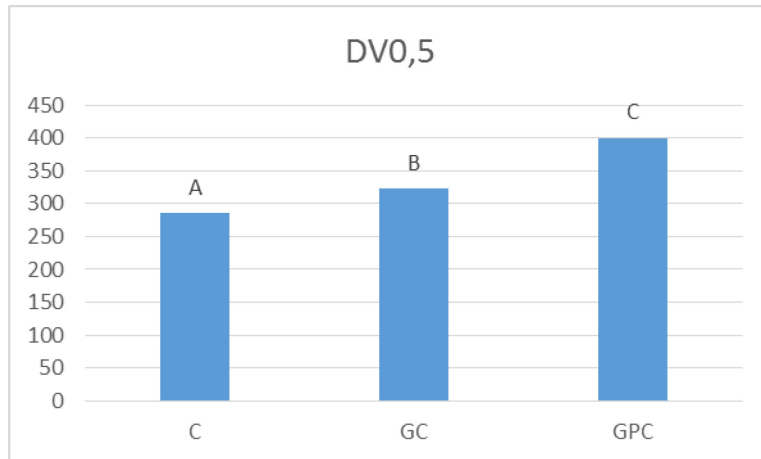


Gráfico 4: DV0,5 para las diferentes metodologías de análisis de tarjetas hidrosensibles. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

Comparando el efecto de un coadyuvante sobre el DV0,5, el Gráfico 5 muestra valores similares para ambos subtratamientos. No obstante, la tendencia es que al hacer uso de un tensioactivo el DV0,5 se incremente.

Cuando se produce una disminución en la tensión superficial del caldo el tamaño de las gotas disminuye pero aumenta el tamaño de las improntas por modificación del coeficiente de expansión (Almellini & Sosa, 2011; García et al., 2012). Esto puede contribuir a un incremento del DV0.5 para los distintos software.



Gráfico 5: DV0,5 para los subtratamientos SR y CR. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

En el Gráfico 6 se observan las diferencias de DV0,5 por pastilla. Dentro de ellas, la de impacto es la que mostró los mayores valores, diferenciándose estadísticamente de las demás. Le sigue la pastilla de abanico plano y finalmente la de cono hueco con los valores más bajos de DV0,5.

Herrera Prat et al. (2008) obtuvieron, para pastillas de abanico plano TP11002 y de cono hueco J-A2 Negro, valores de 136 y 125 micrones respectivamente. Las etiquetas fueron escaneadas, con una resolución de 600 píxeles, para su posterior análisis en un programa de computación realizado en MATLAB.

Cunha et al. (2004) realizaron un estudio sobre el espectro de gotas para pastillas de abanico plano API 110-02, API 110-04, y cono hueco ATR Brown e ATR Red arrojando valores de DV 0,5 de 124, 163, 83 y 121 micrones respectivamente. Dichos resultados se encontraron para una misma presión (4 bares) y medidos mediante un analizador láser.

Otra experiencia relacionada fue la de Gadea, (2018) en donde al realizar una comparación del DV0.5 para pastillas abanico plano, doble abanico simétrico con aire inducido 11002, doble abanico asimétrico con aire inducido 11002 y cono hueco, esta última fue la que arrojó los menores valores seguida por la de abanico plano.

Los resultados de estos trabajos concuerdan con la tendencia entre pastillas de abanico plano y cono hueco. No obstante, es posible que, dadas las dificultades de medir las gotas de menor diámetro, principalmente por el tratamiento GC, los DV0,5 tomen valores superiores a los reales.

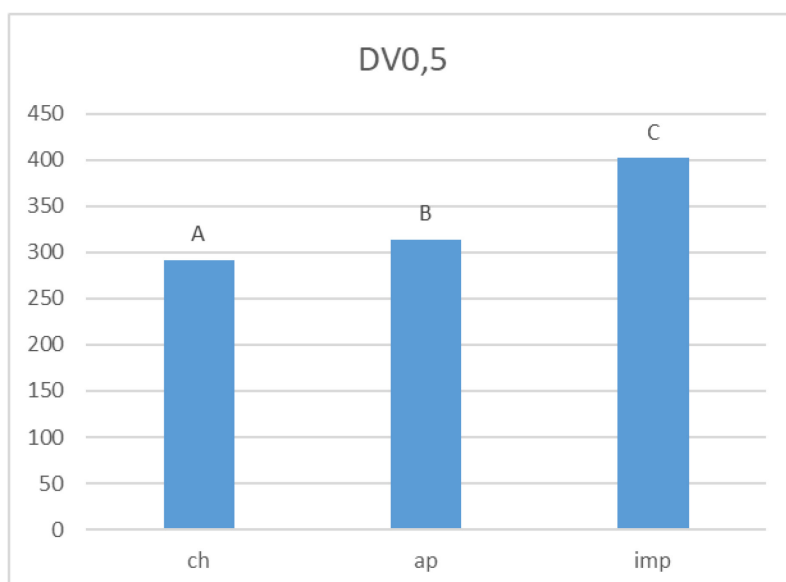


Gráfico 6: DV0,5 para las diferentes pastillas utilizadas. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

Sin embargo, en el análisis de los resultados correspondientes al DV0,5 representado en la Tabla 3 del Anexo 1 podemos visualizar la interacción entre las pastillas y el uso de un coadyuvante. Debido a ello se ha particionado los resultados de los subtratamientos SR y CR por pastilla.

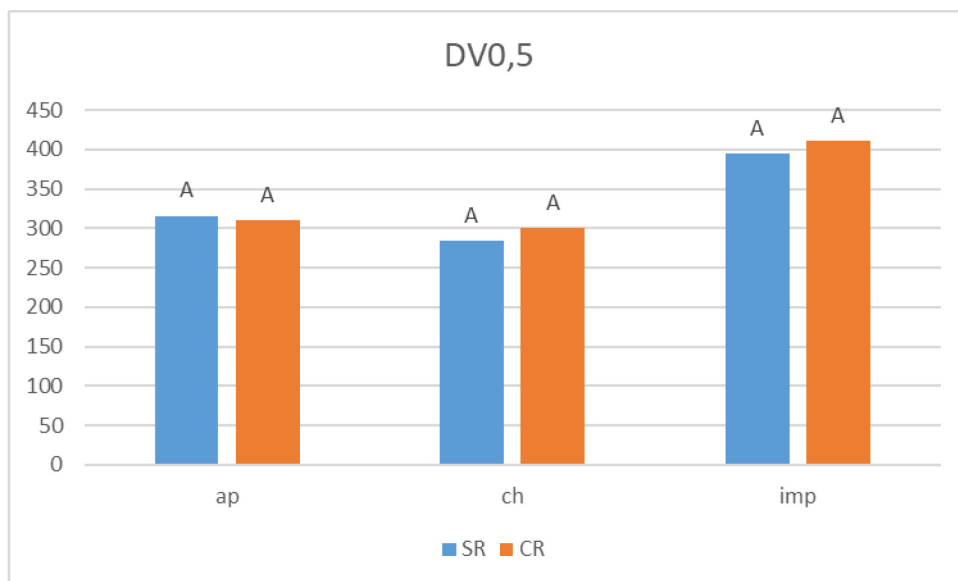


Gráfico 7: DV 0,5 para los subtratamientos SR y CR, particionadas por pastilla. Efecto de un tensioactivo en el DV0,5 por pastilla. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

No obstante, aun así, no es posible visualizar diferencias estadísticamente significativas probablemente porque los tres software incluidos en el análisis muestren resultados muy dispersos. Debido a ello se han particionado los resultados a su vez por tratamiento y representados en el Gráfico 8. En el mismo puede observarse que dentro de las muestras SR los programas C y GC encuentran que la pastilla de abanico plano presenta valores de DV0,5 estadísticamente superiores a los de la pastilla de cono hueco, lo cual no sucede en los demás casos.

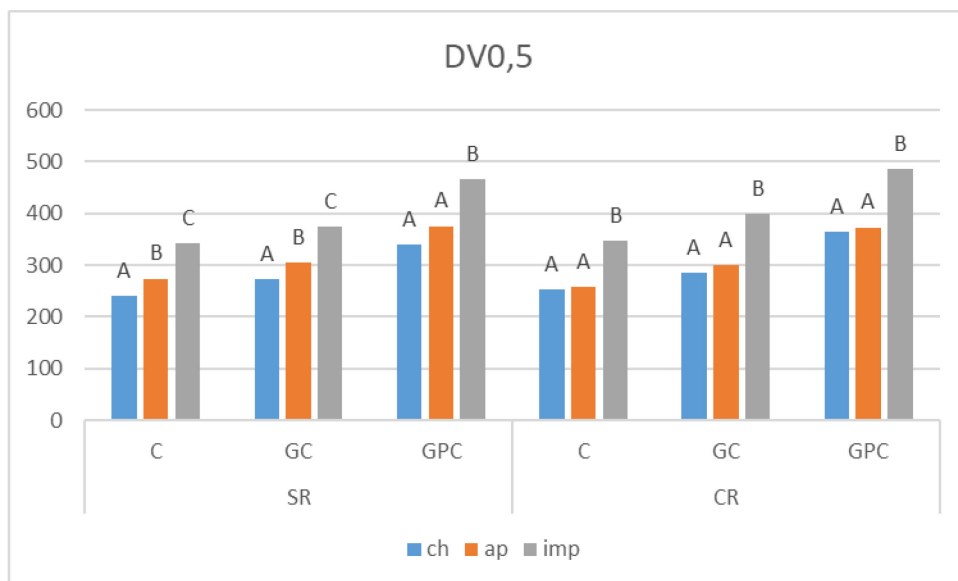


Gráfico 8: DV 0,5 para las diferentes pastillas, particionadas por metodología de análisis y por la adición o no de un coadyuvante tensioactivo. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey entre pastillas dentro de un tratamiento y un subtratamiento determinado.

Cobertura:

Al realizar el Análisis de la varianza para el porcentaje de cobertura se puede observar en la Tabla 4 del Anexo 1 que no se han encontrado interacciones entre tratamientos y subtratamientos. El Gráfico 9 muestra los resultados de la comparación entre tratamientos. Se puede visualizar que los tres se diferencian estadísticamente de los demás, siendo el GPC el que mayores valores de cobertura alcanzó, siguiéndole el C. Estos resultados están relacionados con la cantidad de gotas cm^{-2} y el tamaño de gotas estimados en los tratamientos. Teniendo en cuenta la fórmula matemática de la esfera, una reducción de la mitad del diámetro de una gota daría ocho gotas para un mismo volumen. Es por este motivo que un software que presente mayor cantidad de gotas y de menor diámetro arroje valores superiores de cobertura, pese a esto GPC fue el que arrojó la mayor cobertura en este caso ya que evaluó un valor medio de N° de impactos pero después fue el de mayor DV0,5 compensando con esto la diferencia con el tratamiento C.

Ferguson et al. (2016) compararon la cobertura expresada como porcentaje del área cubierta en tarjetas hidrosensibles y en papel Kromekote entre cinco software de procesamiento de imágenes: Image J y Deposit scan, los cuales utilizan una cámara de 12 MP, Droplet scan y Drop visión-AG escaneados con una resolución de 200 dpi y 300 dpi respectivamente y Swath kit. Adicionalmente se evaluó una aplicación para teléfonos smartphones para el análisis de tarjetas hidrosensibles (SnapCard) utilizando una cámara de 8 MP. A su vez se utilizaron seis pastillas que asperjaban gotas de diferentes tamaños. Al comparar los resultados los autores encontraron diferencias significativas entre dichas herramientas. La similitud entre SnapCard, Image J y Deposit scan fue atribuida a que fueron desarrollados desde la plataforma de Image J. También mencionan que Swath kit, Droplet scan y Drop visión-AG fueron desarrolladas específicamente para pulverizaciones agrícolas usando factores de corrección basados en el tipo de aplicación y de recolector utilizado, en contraste con Image J y Snap Card que operan en un sistema binario monocromático (puntos negros sobre un fondo blanco). Estos factores y la diferencia de resoluciones pueden explicar la existencia de discrepancias entre los valores de porcentaje de cobertura entre distintos software.

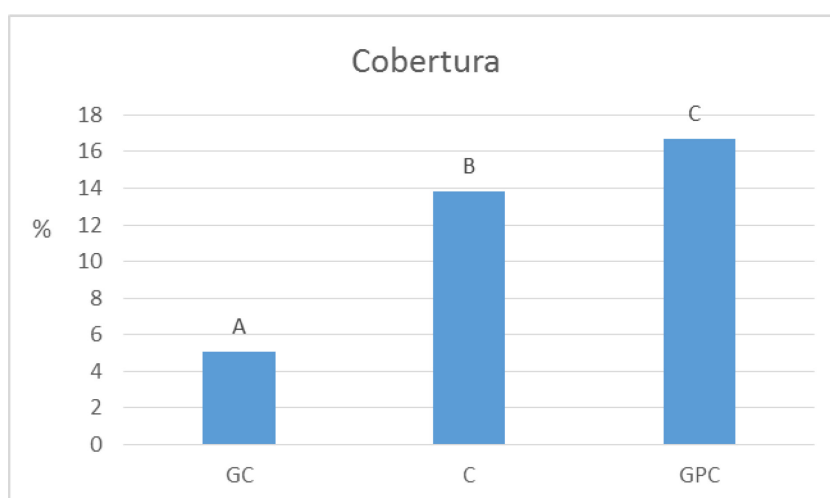


Gráfico 9: Porcentaje de cobertura estimada por metodología de análisis de imagen. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

Comparando los resultados de los subtratamientos SR y CR representados en el Gráfico 10 se puede observar que ambos arrojaron valores similares. Esto es esperable dado que tanto para la variable gotas por cm^2 como para el $DV_{0,5}$ no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

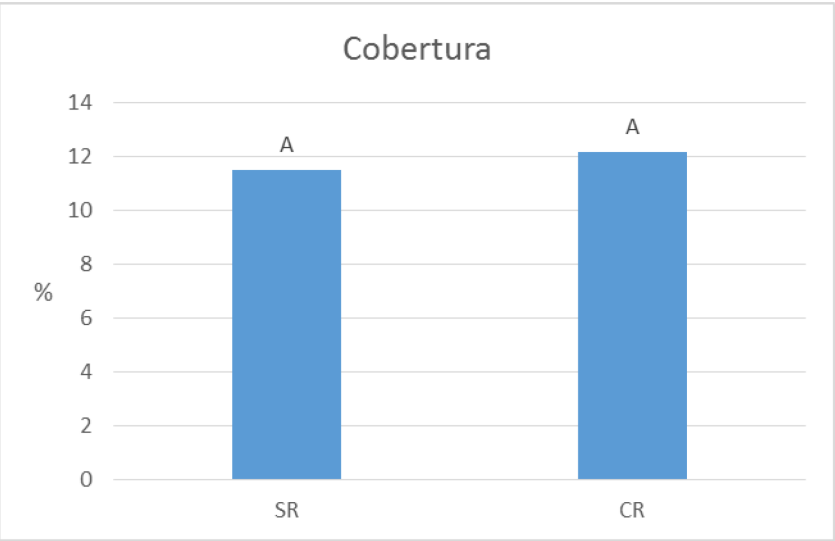


Gráfico 10: Porcentaje de cobertura para tratamientos con y sin adición de un tensioactivo al tanque de pulverización. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

Eficiencia de aplicación:

De la misma manera que para el caso del porcentaje de cobertura, el análisis de la varianza para los resultados de la eficiencia de aplicación no mostró interacciones entre tratamientos y subtratamientos. Dicha información se observa en la Tabla 5 del Anexo 1.

Los valores de eficiencia de aplicación para las diferentes metodologías fueron representados en el Gráfico 11. En él se observan las diferencias estadísticas entre los tratamientos.

El volumen de aplicación estimado por los programas se calcula como producto del número de gotas por unidad de superficie y el volumen medio de la gota Leiva & Araujo (2007). En base a esto, las variaciones en la estimación de ambos parámetros causarán variaciones en la eficiencia de aplicación. Otro aspecto para considerar es que cada software posee un modelo matemático integrado para calcular un volumen de gota a partir de su impronta en el papel hidrosensible.

Dado que el tratamiento GC obtuvo los menores valores de cobertura es posible que esto se traslade a un menor volumen recolectado y por ende a una menor eficiencia.

Leiva & Araujo (2007) concluyeron en su investigación que el volumen de aplicación fue mejor estimado con los programas CIR 1.5 y Agroskan; tanto el programa e-Sprinkle como StainMaster lo subestiman significativamente (54% menos).

A su vez Domper, (2012) realizó una comparación entre el método fluorimétrico y el programa CIR 1.5 sobre suelo desnudo utilizando pastillas cono hueco convencional 80015 y cono hueco con inducción de aire 80015. En el estudio se observó que la metodología de procesamiento de imágenes sobreestima la eficiencia de aplicación, especialmente para pastillas con inducción de aire. Los valores de recupero para la pastilla de cono hueco resultaron ser de 25% estimado mediante el método fluorimétrico aproximadamente y algo superior al 40% a través del programa CIR 1.5. La eficiencia correspondiente a la pastilla con inducción de aire fue algo superior al 20% para el método fluorimétrico y alrededor del 75% para el CIR1.5. Para este último caso los resultados se adjudicaron a que la gota que lleva aire en su interior e impacta en el papel hidrosensible es leída como una gota llena. Otra posible causa es que las nuevas gotas producidas tras el impacto de la primera sean contabilizadas nuevamente.

En este ensayo es posible observar una gran sobre estimación de la eficiencia por parte de los tratamientos C y GPC en relación a lo medido con el tratamiento, GC no mostro esta tendencia, esto puede deberse a diferentes razones, como por ejemplo,

este programa no visualiza gotas de pequeño tamaño y superpuestas razón por la cual es el de menor N° de imp observado o el programa posee un mejor factor de corrección del volumen de la gota acercando su estimación de eficiencia a la efectivamente medida con el trazador.

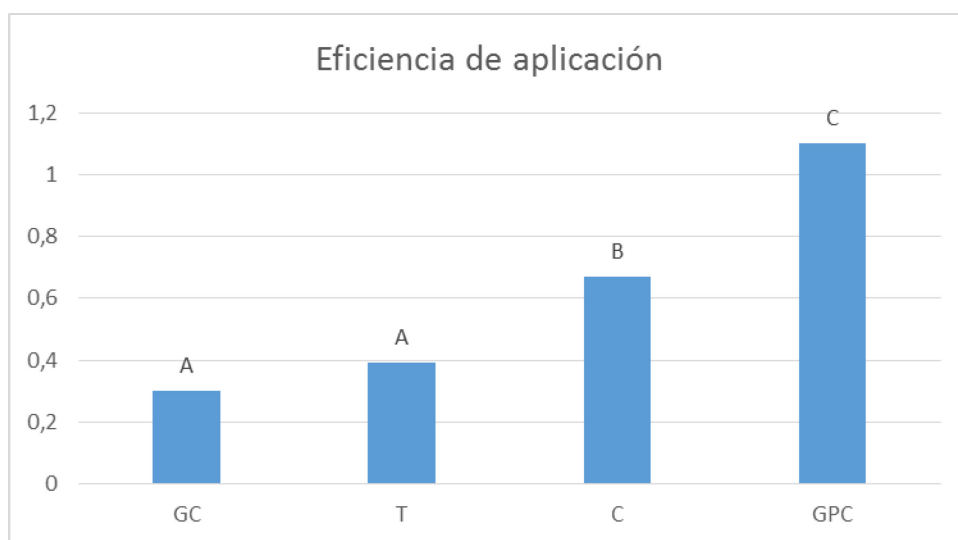


Gráfico 11: Eficiencia de aplicación estimada a través de distintas metodologías. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

En cuanto a los subtratamientos SR y CR, tal como lo muestra el Gráfico 12, no se han hallado diferencias estadísticamente significativas. Debido a que en las variables anteriormente analizadas los valores resultaron similares, es esperable que también lo sean para la eficiencia de aplicación. Sin embargo, podemos mencionar que la tendencia del incremento del DV0,5 cuando se adiciona un tensioactivo conlleva a un aumento en el volumen de aplicación estimado y por ende a una mayor eficiencia.

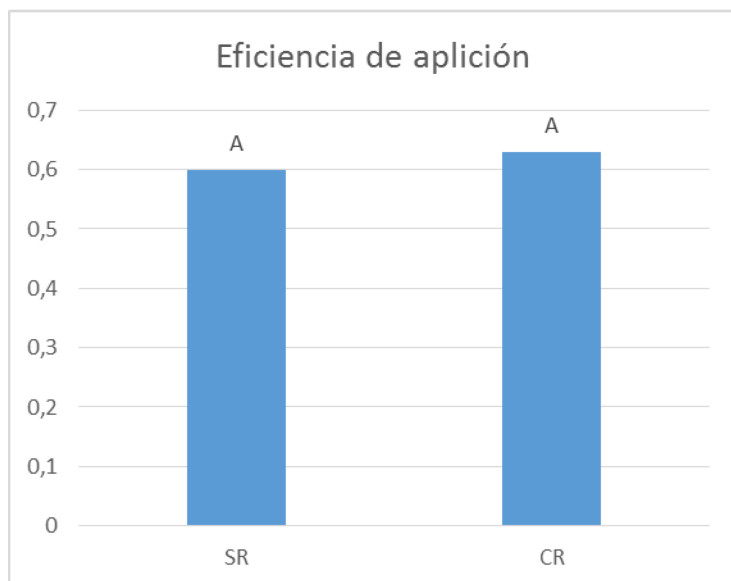


Gráfico 12: Efecto de la adición de un coadyuvante sobre la eficiencia de aplicación. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para el test de Tukey.

CONCLUSIONES

Al momento de analizar una tarjeta hidrosensible mediante un software, existen factores intrínsecos que generan discrepancias entre los resultados obtenidos por tecnologías diferentes. Entre ellos podemos mencionar la resolución de imagen con la que se trabaja, los factores de corrección, modelos matemáticos y filtros de colores utilizados en el desarrollo del programa. A su vez el tamaño de las gotas y su grado de superposición en el papel son factores que influyen en la exactitud de la lectura y por ende del mismo análisis.

En cuanto a la eficiencia de aplicación, este parámetro no fue sobreestimado por la totalidad de los software. No obstante, cabe destacar que las similitudes entre el tratamiento GC y T se deben a una lectura deficiente de las gotas por parte de GC.

La utilización de un coadyuvante tensioactivo ha mostrado tener, en líneas generales, poco efecto en lo que respecta a los parámetros del espectro de aspersión. Sin

embargo, pueden contribuir a incrementar el número de gotas en ciertos casos, lo cual puede ser materia de estudio para investigaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

- **Alves, G.S., J.P.A.R. Cunha & L.A. Palladini.** 2016. Seleção de traçadores para estudos de eficiência das aplicações de produtos fitossanitários.
- **American Society of Agricultural Engineers.** 2004. Norma ASAE S-572.
- **Armellini, F.M. & J.E. Sossa.** 2011. Efectos de la tensión superficial del caldo de aplicación sobre las magnitudes de variables proporcionadas por los programas CIR y Sylcomp AG. 40 pp. En Expte. 404/10. F.A. UNLPam.
- **Arrospide, G.** 2004. Criterios para el uso de Aditivos y Coadyuvantes. Disponible en [http://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/1311182916Criterios para el uso de Aditivos y Coadyuvantes.pdf](http://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/1311182916Criterios_para_el_uso_de_Aditivos_y_Coadyuvantes.pdf) Último acceso: Diciembre de 2018.
- **Association of Food and Drugs Officials of the United States.** 1965. Appraisal of Safety of Chemicals in Foods and Cosmetic. USA.
- **Bernardos, J. & M. E. Zaccagnini.** 2011. “El uso de insecticidas en cultivos agrícolas y su riesgo potencial para las aves en la región pampeana”. Revista Hornero N°26 (1), (pp.55-64).
- **Bogliani M., J. Hilbert, O. Tesouro, G. Masia, L. Venturelli & L. Bulacio.** 2005. Aplicar eficientemente los agroquímicos, Rosario: Ediciones INTA.
- **Bradley K. Fritz, W. Clint Hoffmann, and Phil Jank.** 2011. A fluorescent tracer method for evaluating spray transport and fate of field and laboratory spray applications. Journal of ASTM International, Vol. 8, No. 3 Paper ID JAI103619 Available online at www.astm.org

- **Brechelt A.** 2004. Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Disponible en https://webzoom.freewebs.com/rentawebscr/alonso2013/descargas/Manejo_Ecologico_de_Plagas_A.Bretchel.pdf. Último acceso: Diciembre de 2018.
- **Brusselman E., D. Nuyttens, K. Baetens, D. Gabriels, W. Cornelis, K. Van Driessen, W. Steurbaut.** 2004. Wind tunnel tests with different tracer and collection techniques for the measurement of spray drift. Comm. Agric. Appl. Biol. Sci., v. 69, n. 4, p. 829-836.
- **Butler, M.C. & C. R. Tuck.** 1998. How adjuvants influence spray formulation with different hydraulic nozzles. Crop Protection. 18(2):101-109
- **Byers, R.E., C.G. Lyons Jr., K.S. Yoder, R.L. Horsburgh, J.A. Barden & S.J. Donohue.** 1984. Effects of apple tree size and canopy density on spray chemical deposit. HortScience, v.19, n.1, p.93-4.
- **Carriquiriborde, Pedro.** 2010. "Toxicidad de Glifosato en Peces Autóctonos: Estudios de Laboratorio y Campo". En Aspectos Ambientales del uso de glifosato, Balcarce. Ed. INTA.
- **Carvalho, F. K., U. R. Antuniassi, A. A. B. Mota, R. G. Chechetto & U. D. Gandolfo.** 2013. Adjuvantes de calda no depósito em aplicações aéreas e terrestres. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 28, n. 4, p. 215-221.
- **Carvalho, F.P.** 2006. Agriculture, pesticides, food security and food safety. Environmental Science & Policy 9: 685-692.
- **CASAFE.** 2016. Uso de tarjetas hidrosensibles. Disponible en <http://www.casafe.org/uso-de-tarjetas-hidrosensibles/>. Último acceso: Octubre de 2018.
- **CASAFE.** 2018. Actividades. Disponible en <http://www.casafe.org/institucional/actividades/> Último acceso: Octubre de 2018.
- **Cavallo, A.** 2006. Plaguicidas: qué son y cómo usarlos. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Terapéutica Vegetal. Editora SIMA. ISBN-10: 987- 1253-08-7 / ISBN-13: 978-987-1253-08-1.

- **Cid R. & G. Masiá.** 2011. Manual para agroaplicadores. Uso responsable y eficiente de fitosanitarios. ISBN 978-987-679-036-9. 18 pp. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-manual_aplicadores.pdf
- **Cosculluela, L. M.** 2009. Comparación de programas informáticos para el análisis de la calidad de aplicaciones de plaguicidas. Tesis. Biblioteca Facultad de Agronomía UNLPam. p. 1-34.
- **Croplife.** 2019. Último acceso: Enero de 2019. Disponible en <https://www.croplifela.org/es/proteccion-cultivos/agroquimicos>.
- **Cunha, J.P.A.R., A.C. Farnese & J. J. Olivet.** 2013. Computer programs for analysis of droplets sprayed on water sensitive papers. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 715-720.
- **Cunha, M., C. Carvalho, & A.R.S. Marcal.** 2012. Assessing the ability of image processing software to analyse spray quality on water-sensitive papers used as artificial targets. Biosystems Engineering, 111 (1): 11-23.
- **Cunha et al.** 2004. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. p 1-9.
- **De A., R. Bose, A. Kumar & S. Mozumdar.** 2014. Worldwide Pesticide Use. In: Targeted Delivery of Pesticides Using Biodegradable Polymeric Nanoparticles. p 1.
- **De Cerqueira, D. T. R., C. G. Raetano, M. H. F. A. Dal Pogetto, E. P. Prado, R. S. Christovam & S. I. Almeida Costa.** 2012. Agricultural spray deposit quantification methods. Applied Engineering in Agriculture, St Joseph, v. 28, n. 6, p. 825-831.
- **Degre, A., O. Mostade, B. Huyghebaert, S. Tissot & C. Debouche.** 2001. Comparison by image processing of target supports of spray droplets. Trans. ASAE 44, 217–222.
- **Derksen, R. C. & R. L. Gray.** 1995. Deposition and air speed patterns of air-carrier apple orchard sprayers. Transactions of the ASAE, 38(14): 5-11.

- **Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo.** 2017. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL. Último acceso: diciembre de 2018.
- **Domper, G.** 2012. Eficiencia de aplicación de pastillas de pulverización con inducción de aire en el cultivo de soja. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. p 22-46.
- **Edwards, G.J., W.L. Thompson, J.R. King & P.J. Jutras.**1961. Optical determination of spray coverage. Trans. ASAE (Am. Soc.Agric.Eng.), v.4, p.206-7.
- **Etiennot, A. & A. Piazza.** 2010. Buenas prácticas de aplicación en cultivos planos extensivos. Distancias a zonas urbanas. Criterios y soluciones.
- **FAO & OMS.** 2014. Código Internacional de Conducta para la Gestión de plaguicidas de la FAO y la OMS, 2014. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3604s.pdf>. Último acceso: diciembre de 2018.
- **FAO.** 1996. Cumbre mundial sobre la alimentación. Disponible en . Último acceso: diciembre de 2018.
- **Ferguson J.C., R.G. Chechetto, C.C. O'Donnell, Brad K. Fritz, W.C. Hoffmann, C.E. Coleman, B.S. Chauhan, S.W. Adkins, G.R. Kruger, A.J. Hewitt.** 2016. Assessing a novel smartphone application – SnapCard, compared to five imaging systems to quantify droplet deposition on artificial collectors. Computers and Electronics in Agriculture. Vol 128. p 193-198.
- **Fox R. D., R. C. Derksen, J. A. Cooper, C. R. Krause & H. E. Ozkan.** 2003. Visual and image system measurement of spray deposits using water-sensitive paper. Applied engineering in agriculture. v.19 no.5 pp. 549.
- **Fox, R. D., M. Salyani, J.A. Cooper, & R.D. Brazee.** 2001. Spot Size Comparisons on Oil/Water Sensitive Paper. Applied Engineering in Agriculture, 17 (2): 131-136.

- **Friedrich, T.** 1998. La actuación de la FAO con respecto a la tecnología de aplicación para agroquímicos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).s.l; FAO; s.d. 17p. FAO Eds. Italia.
- **Gadea, S.** 2018. Prestación de pastillas en el control de enfermedades de trigo (*Triticum aestivum* L.). Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. p 16-37.
- **Belmonte & J. Sosa.** 2012. Influencia de la tensión superficial del caldo de la aplicación sobre las magnitudes de las variables proporcionadas por los programas de conteo y tipificación de gotas CIR 1.5 y Sylcpm AG 1.0.4. En: Actas CD XIV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. 11 pp.
- **García, F.D., V. Belmonte & M.I. Brusco.** 2009. Comparación de instrumentos para la digitalización de imágenes y programas para el conteo y tipificación de gotas como variables de la calidad de aplicación de plaguicidas. En actas XIII Jornadas Fitosanitarias Argentinas. 30/09, 1 y 2/10/09. 3 pp.
- **Garcia, L.C., H.H. Ramos & A. Justino.** 2004. Avaliação de softwares para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis. R. Bras. Agrocomp., v. 2, n. 1, p. 19-28, 2004.
- **Giles, K. D., M. J. Delwiche, & R. B. Dodd.** 1989. Spatial distribution of spray deposition from an air-carrier sprayer. Transactions of the ASAE, 32(3): 807-811.
- **Giovanni, E. & A. Canela.** 2017. Técnicas colorimétricas. Disponible en revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1703/articulos/Articulo08_Tecnicas_colorimetricas.pdf. Último acceso: Diciembre de 2018.
- **Hall, F.R., D. L. Reichard, & S. R. Alm.** 1987. A system for examination of the pesticide dose transfer process. In ASTM STP 968: Pesticide formulations and application systems. G.B. Beestman and D.I.B. Vender Hooven, eds. pp 85-92. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.

- **Hartzler, B.** 2001. Role of Spray Adjuvants with Postemergence Herbicides. Iowa State University. Disponible en: <http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2001/additives.htm>. Último acceso: diciembre de 2018.
- **Hayden, J., G. Ayers, E. Grafius & N. Hayden.** 1990. Two water-soluble optically resolvable dyes for comparing pesticide spray distribution. J. Econ. Entomol., v.83, n.6, p.2411-3.
- **Herrera Prat, M.I., G.J. Rodrigues & M. Martins Teixeira.** 2008. Características operacionales de las boquillas de pulverización hidráulica de chorro plano y cónico hueco Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 17, núm. 3, pp. 61-67. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba.
- **Hewitt, A. J.** 2010. Tracer and collector systems for field deposition research. Aspects Appl. Biol., v. 99, n. 1, pp. 283-289.
- **Hewitt, A.J., & T. Meganasa.** 1993. Droplet distribution densities of a pyrethroid insecticide within grass and maize canopies for the control of *Spodoptera exempta* larvae. Crop Prot. 12, 59–62.
- **Higgins, A.H.** 1967. Spread factors for technical malathion. J. Econ. Entomol. 62, 912–916.
- **Hill, B.D. & J. Inaba.** 1989. Use of water-sensitive paper to monitor the deposition of aerially applied insecticides. J. Econ. Entomol. 82, 974–980.
- **Hock, W.K.** 2011. Spray Adjuvants. Pesticide Safety Fact Sheet. The Pennsylvania State University. Disponible en: <http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/uo221.pdf>. Último acceso: diciembre de 2018.
- **Hoffmann, W. C. & A. J. Hewitt.** 2005. Comparison of three imaging systems for water-sensitive papers. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 21(6): 961–964.
- **Hoffmann, W.C. & M. Salyani.** 1996. Spray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. Transactions of the ASAE, 39(1): 17-22.

- Infocampo. 2017. Disponible en <https://www.infocampo.com.ar/el-44-de-las-divisas-que-ingresaron-al-pais-correspondieron-a-exportaciones-de-granos/>. Último acceso: diciembre de 2018.
- **Johnstone, D.R.** 1997. A twin tracer technique permitting the simultaneous evaluation of the field performance of two spraying machines or spraying techniques. J.Agric. Eng. Res., v.22, p.439-43.
- **Johnstone, D.R.** 1960. Assessment Techniques 2. Photographic Paper. CPRU Porton Report No. 177. Mimeographed, 13pp.
- **Kazmierczak, A.J., R.K. Zollinger & J.L. Ries.** 2009. Enhancing saflufenacil with adjuvants and tank-mix partners. North Central Weed Science Society Proceedings 64:83. Disponible en <http://www.ncwss.org/proceed/2009/Abstracts/083.pdf> Último acceso: Diciembre de 2018.
- **Khot, L. R., M. Salyani, & R.D. Sweeb.** 2011. Solar and storage degradations of oil- and water-soluble fluorescent dyes. Applied Engineering in Agriculture, 27(2): 211-216.
- **Knezevic, S.Z., A. Datta, J. Scott, J & D. Carvat.** 2009. Weed Technology. Vol. 23, N° 3, pp. 340-345.
- **Lanson, D.E., L. Schein & M. Miglioranza.** 2009. Aportes para la Compresión de la Incidencia de los Factores Climáticos y Tecnológicos sobre la Deriva de Agroquímicos Aplicados a Cultivos de Soja y sus Respective Efectos sobre la Población Potencialmente Expuesta. 1ª ed., Buenos Aires: Ediciones INTA, 2009, p.69-79. ISBN 978-987-1623-05-1.
- **Lee, C.W., Parker, J.D., Baldrey, D.A.T. & D.H. Molyneux.** 1978. The experimental application of insecticides from a helicopter for the control of riverina populations of *Glossina tachinoides* in West Africa. II Calibration of Equipment and Insecticide Dispersal. Pestic. Appl. News Sheets 24, 404-422.

- **Leiva P.D.** 1995. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. Carp. Produc. Vegetal. INTA, EEA Pergamino, SERIE: Generalidades, Tomo XIV (Información N° 139, Septiembre, Ed: Puig,R). 6 pp.
- **Leiva, P. D. & E. C. Araujo.** 2007. Comparación de programas de computación para recuento y tipificación de impactos de aspersion sobre tarjetas sensibles. Disponible en: http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparacion_de_programas_de_computacion_para_recuento.pdf. Último acceso: noviembre 2017.
- **Maccarini L.** 1993. Técnicas de Control Fitosanitario. Tomo I. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. p. 1-3.
- **Mangado, J., S. Arazuri, P. Arnal, C. Jarén & A. López.** 2013. Measuring the accuracy of a pesticide treatment by an image analyzer. Procedia Technology 8. p. 498 – 502.
- **Marçal, A.R.S & M. Cunha.** 2008. Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. Transactions of the ASABE. Vol. 51(3): 811-821.
- **Marchi, S. R., D. Martins, N. V. Costa, M. A. Terra & E. Negrisoli.** 2005. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes Azul Brilhante FCD-1 e Amarelo Tartrasina FCD-5 utilizados como traçadores em pulverizações. Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 287-294.
- **Massaro, R.A.** 2013. Aplicación terrestre de plaguicidas: ¡hay que cambiar la forma de trabajar! Artículo técnico. p. 1-4. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-otra-forma-de-pulverizar.pdf> Último acceso: diciembre de 2018.
- **Matuo, T.** 1988. Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citrus. 167 f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- **Ministerio de Salud.** 2014. Departamento de Salud Ambiental. Los plaguicidas en la República Argentina. Disponible en

http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000341cnt-14-Plaguicidas_Argentina.pdf. Último acceso: octubre de 2018.

- **Nuyttens, D. et al.** 2007. The influence of operator controlled variables on spray drift from field crop sprayers. Trans. ASABE, v. 50, n. 4, p. 1129-1140.
- **Nuyttens, D., S. Windey, & B. Sonck.** 2004. Optimization of a vertical spray boom for greenhouse spray applications. Biosystems Engineering, 89 (4): 417–423.
- **Oerke, E.C.** 2005. Crop losses to pest. The Journal of Agricultural Science, 144(1), 31-43. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/crop-losses-to-pests/AD61661AD6D503577B3E73F2787FE7B2>. Último acceso: Diciembre de 2018.
- **Onorato, A. & M. O. Tesouro.** 2006. Pulverizaciones agrícolas terrestres. Ed. Buenos Aires. 41 pp.
- **Palladini L. A., C. G. Raetano & E. D. Velini.** 2005. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. Scientia Agrícola. vol. 62 no.5. Online version.
- **Panneton, B.** 2002. Image analysis of water-sensitive cards for spray coverage experiments. Applied Engineering in Agriculture, 18 (2): 179-182.
- **Pereira, J.L.** 1967. Uses of fluorescent tracer for assessment of spray efficiency. Kenya Coffee, v.12, p.461-5.
- **Pergher, G. & R. Gubiani.** 1995. The effect of spray application rate and airflow on foliar deposition in a hedgerow vineyard. Journal of Agricultural Engineering Research, 61: 205-216.
- **Pergher, G., R. Gubiani & G. Tonetto.** 1997. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. Crop Protec., v.16, n.1, p.25-33.
- **Pinto, J. R. et al.** 2007. Estabilidade à exposição solar dos traçantes azul brilhante e amarelo tartrasina utilizados em estudos de deposição de pulverização. R. Bras. Agroci., v. 13, n. 1, p. 105-107.

- **Salyani, M. & J.D Whitney.** 1988. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.), v.31, p.390-5.
- **Salyani, M.** 1988. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.), v.31, p.1680-4.
- **Salyani, M., H. Zhu, R.D. Sweeb & N. Pai.** 2013. Assessment of spray distribution with water-sensitive paper. Agric Eng Int: CIGR Journal. Vol. 15, No.2. p. 101-111.
- **Salyani, M., S. L. Hedden, & G.J. Edwards.** 1987. Deposition efficiency of different droplet sizes for citrus spraying. Transactions of the ASAE, 30(6): I595-I599.
- **Sarubbi, C.** 2010. Tecnología de aplicación de productos fitosanitarios en equipos pulverizadores terrestres. Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 290 pp.
- **Sharp, R.B.** 1974. Spray deposit measurement by fluorescence. Pestic. Sci., v.5, p.197-209.
- **Silva, J. E. R., J. P. A. R. Cunha & Q. S. S. Nomelini.** 2014. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1302-1306.
- **Simoniello, M. F., E. C. Kleinsorge & M. A. Carballo.** 2010. "Evaluación bioquímica de trabajadores rurales expuestos a pesticidas". *Medicina (B. Aires)*, vol.70, n.6. Disponible en:
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S002576802010000600001&lng=es&nrm=iso
- **Smelt, J.H., R.A. Smidt & J.F.M. Huijsmans.** 1993. Comparison of spray deposition on apple leaves of captan and the dye brilliant sulfoflavine. In: Symposium international sur les techniques d'application des produits phytosanitaires, 2, 1993, Strasbourg. Annales. Strasbourg: British Crop Protection Council, 1993. p.191-7.

- **Stoletniy, I., J. Olivet & J. Villalba.** 2014. Tamaño de gota, volumen de aplicación y uso de adyuvante en la deposición y control de mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis*) en trigo. *Agrociencia Uruguay*. Volumen 18 1:97-104.
- **Sutton, T.B. & C.R Unrath.** 1984. Evaluation of the tree-row-volume concept with density adjustments in relation to spray deposits in apple orchards. *Plant Dis.*, v.68, p.480-84.
- **Theriault, R., M. Salyani, & B. Panneton.** 2001. Spray distribution and recovery in citrus application with a recycling sprayer. *Transactions of the ASAE*, 44(5): 1083-1088.
- **Viglizzo, E.F. & E. Jobbágy.** 2010. Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-expansin_frontera_agropecuaria_2010.pdf.
Último acceso: Diciembre de 2018.
- **Wolf, R.E.** 2003. Assessing the ability of dropletscantm to analyze spray droplets from a ground operated sprayer. *Appl. Eng. Agric.* 19, 525–530.
- **Zaidan, S. E., C. D. Gadanha JR, M. A. Gandolfo, C. O. Pontelli & W. W. Mosquini.** 2012. Performance of spray nozzles in land applications with high speed. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 32, n. 6, p. 1126-1132.
- **Zhang, W.J. et al.** 2011. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences* 1: 125-144
- **Zhu, H., M. Salyani & R.D. Fox.** 2011. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Comp. Electr. Agric.*, v. 76, n. 1, pp. 38-43.

ANEXO

Tabla 2: Análisis de la varianza de la variable Gotas por cm².

gotas/cm2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
gotas/cm2	179	0,59	0,55	41,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	351882,94	17	20699,00	13,77	<0,0001
metodología	275728,75	2	137864,38	91,68	<0,0001
pastilla	56902,15	2	28451,07	18,92	<0,0001
coadyuvante	5612,51	1	5612,51	3,73	0,0551
metodología*pastilla	8565,60	4	2141,40	1,42	0,2283
metodología*coadyuvante	2086,21	2	1043,11	0,69	0,5012
pastilla*coadyuvante	1842,22	2	921,11	0,61	0,5432
metodología*pastilla*coady..	943,42	4	235,85	0,16	0,9597
Error	242100,60	161	1503,73		
Total	593983,54	178			

Tabla 3: Análisis de la varianza de la variable DV 0,5.

DV0.5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DV0.5	179	0,85	0,84	8,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	840171,33	17	49421,84	54,79	<0,0001
metodología	409698,88	2	204849,44	227,08	<0,0001
pastilla	411753,37	2	205876,69	228,22	<0,0001
coadyuvante	3250,42	1	3250,42	3,60	0,0595
metodología*pastilla	4167,96	4	1041,99	1,16	0,3328
metodología*coadyuvante	1589,18	2	794,59	0,88	0,4164
pastilla*coadyuvante	5550,07	2	2775,04	3,08	0,0489
metodología*pastilla*coady..	516,16	4	129,04	0,14	0,9658
Error	145237,92	161	902,10		
Total	985409,24	178			

Tabla 4: Análisis de la varianza de la variable Cobertura.

Cob%

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cob%	179	0,65	0,61	33,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4584,61	17	269,68	17,35	<0,0001
metodología	4375,72	2	2187,86	140,74	<0,0001
pastilla	80,56	2	40,28	2,59	0,0781
coadyuvante	19,68	1	19,68	1,27	0,2622
metodología*pastilla	4,50	4	1,13	0,07	0,9904
metodología*coadyuvante	7,56	2	3,78	0,24	0,7844
pastilla*coadyuvante	79,71	2	39,85	2,56	0,0802
metodología*pastilla*coady..	7,52	4	1,88	0,12	0,9749
Error	2502,78	161	15,55		
Total	7087,39	178			

Tabla 5: Análisis de la varianza de la variable Eficiencia de aplicación.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ef aplic	238	0,67	0,64	38,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24,47	23	1,06	19,10	<0,0001
metodología	23,36	3	7,79	139,75	<0,0001
pastilla	0,20	2	0,10	1,81	0,1669
coad	0,05	1	0,05	0,93	0,3360
metodología*pastilla	0,30	6	0,05	0,91	0,4879
metodología*coad	0,11	3	0,04	0,67	0,5703
pastilla*coad	0,27	2	0,14	2,43	0,0907
metodología*pastilla*coad	0,09	6	0,02	0,28	0,9456
Error	11,92	214	0,06		
Total	36,40	237			